



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

Integração da Body Sensor Network com o Monitoramento de Reações Alérgicas dos Pacientes

Thiago Rigotto Stachuk e Lucas Silva Veloz

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Computação — Licenciatura

Orientadora
Prof.a Dr.a Genáina Nunes Rodrigues

Brasília
2024

Dedicatória

Agradeço aos meus colegas que me acompanharam nesta jornada acadêmica, de maneira especial o Lucas Veloz que se mostrou um companheiro e irmão dedicado que sempre esteve ao meu lado, agradeço também a minha família em especial meus pais, Marcelo e Salete que me apoiam e me ajudam sempre que necessito, meus irmãos, Marcelo e Miguel, e a Isabelle Lima que nos ajudou com partes do nosso trabalho. - Thiago Rigotto Stachuk

Agradeço à minha família, especialmente aos meus pais, Adeilta e Aristides, cujo esforço, carinho e ensinamentos sempre me guiaram. Sem o apoio de vocês, esta jornada jamais teria sido possível.

Ao meu colega Thiago Rigotto agradeço profundamente, que esteve ao meu lado em cada passo deste caminho, compartilhando desafios, ideias e conquistas. Sua parceria foi essencial para a conclusão deste trabalho.

Este trabalho é um reflexo do apoio e motivação que recebi de cada um de vocês. - Lucas Silva Veloz

Agradecimentos

À Prof.a Dr.a Genáina Nunes Rodrigues, que nos apoiou com sabedoria, orientação e incentivo, demonstrando grande comprometimento com o nosso crescimento acadêmico, manifestamos nossa profunda gratidão. Seu entusiasmo e dedicação foram determinantes para a superação dos desafios encontrados. e pelo apoio dos nossos amigos e colegas do Laboratório de Engenharia de Software (LES) e da Universidade de Brasília(UnB)

Aos meus amigos em especial Ana Cláudia, Tais, Vitor e Thiago, que, em momentos de dúvida, nunca permitiram que eu desistisse. Obrigado pela confiança, encorajamento e amizade ao longo desta jornada. - Lucas Silva Veloz

Aos meus pais, irmãos e amigos em especial a meu irmão Marcelo que sempre serviu como um modelo positivo me incentivando nas minhas escolhas e nos momentos de indecisão assim como meu pai e minha mãe. Agradeço também ao meu amigo Lucas que me acompanhou em todos desafios e aventuras proporcionados nesta jornada pelo mundo acadêmico, e aos diversos professores que me incentivaram, cativaram e impulsionaram nas diversas e vastas experiências vivenciadas. E com amor e carinho agradeço a Isabelle Lima que como minha companheira me apoiou e vivenciou meus melhores e piores momentos me ajudando sempre que necessitei. Obrigado pelo carinho, confiança e apoio durante todo meu percurso. - Thiago Rigotto Stachuk

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), por meio do Acesso ao Portal de Periódicos.

Resumo

A Body Sensor Network (BSN) é um sistema autônomo de rede de sensores de sinais vitais que permite a detecção de estados de emergência da pessoa assistida. Este trabalho explora a integração da BSN com um sistema de monitoramento de reações alérgicas e medicamentosas. O objetivo é desenvolver um sistema que integre a BSN com um módulo de coleta e análise de bulas, visando detectar reações adversas e incompatibilidades químicas em medicamentos. O projeto utiliza uma abordagem baseada em sensores da BSN para coletar dados vitais, enquanto utiliza os mesmos dados para analisar possíveis reações diversas que a pessoa assistida possa ter. Tal identificação é realizada por meio das informações contidas nas bulas dos medicamentos, em particular as reações alérgicas e medicamentosas. Em particular, essas informações são extraídas de forma automática por meio da integração com ferramentas de Open AI. Dessa forma, este trabalho tem como foco a detecção de reações adversas na BSN, permitindo intervenções mais rápidas e seguras no tratamento médico.

Palavras-chave: Body Sensor Network, BSN, Reações Alérgicas, Reações Medicamentosas, IA, Dados, Fármacos .

Abstract

The Body Sensor Network (BSN) is an autonomous network system of vital signs sensors that allows the detection of emergency states of the assisted person. This work explores the integration of BSN with a monitoring system for allergic and drug reactions. The objective is to develop a system that integrates BSN with a module for the collection and analysis of leaflets, aiming to detect adverse reactions and chemical incompatibilities in medicines. The project uses a sensor-based approach from BSN to collect vital data while using the same data to analyze possible diverse reactions that the assisted person may have. Such identification is carried out through the information contained in the package inserts of the medicines, in particular allergic and drug reactions. In particular, this information is extracted automatically through integration with Open AI tools. Thus, this work focuses on the detection of adverse reactions in BSN, allowing faster and safer interventions in medical treatment.

Keywords: Body Sensor Network, BSN, Allergic Reactions, Drug Reactions, AI, Data, Pharmaceuticals.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Motivação	1
1.2	Problema e Hipótese	4
1.3	Objetivos Gerais	4
1.3.1	Objetivos específicos	4
1.4	Organização do Trabalho	5
2	Referencial Teórico	6
2.1	BSN	6
2.1.1	O que é uma Body Sensor Network?	6
2.1.2	Sensores	6
2.2	Robot Operating System (ROS)	7
2.3	Arquitetura e Design Patterns de Implementação	7
2.3.1	SOLID	7
2.3.2	Clean Architecture	7
2.3.3	Vantagens da Clean Architecture e SOLID na BulaBoy API	8
2.3.4	Cache com Stay While Invalidate	8
2.3.5	Debounce	9
2.3.6	Inteligencia Artificial Large Language Models	9
3	Proposta	10
3.1	Partes do projeto	10
3.2	Funcionalidades	11
3.3	BulaBoy API (Backend)	13
3.4	OpenAI	14
3.5	BulaBoy Mobile (Frontend)	15
3.6	Engenharia de Prompt	19
4	Resultados Obtidos	20
4.1	Setup dos Testes	20

4.2	Análise dos resultados	22
5	Conclusão	32
	Referências	34

Lista de Figuras

2.1	Diagrama de sequencia.	8
3.1	Fluxo Geral.	11
3.2	Diagrama de sequencia.	12
3.3	Fluxo do BulaBoy API (Backend).	14
3.4	Fluxo de requisições no Frontend.	16
3.5	Aplicativo em inglês pelas configurações de usuário.	17
3.6	Aplicativo com texto aumentado nas configurações de usuário.	18
3.7	arquivo de configuração de idioma.	18

Lista de Tabelas

4.1	Parâmetros de entrada do perfil de paciente para análise de reações medicamentosas.	21
4.2	Resultado dos parâmetros de entrada enviados à API	22

Lista de Abreviaturas e Siglas

BSN Body Sensor Network.

CRM Conselho Regional de Medicina.

IA Inteligencia Artificial.

Capítulo 1

Introdução

1.1 Motivação

Reações alérgicas e medicamentosas são respostas inesperadas e potencialmente graves do sistema imunológico a substâncias como medicamentos[1]. Esses eventos podem variar de sintomas leves a reações severas, como anafilaxia, e representam um desafio significativo no ambiente médico, pois a identificação precoce e a documentação adequada dessas reações são fundamentais para evitar complicações futuras[2]. A dificuldade de prever quem desenvolverá essas reações e a gravidade delas aumenta o risco para os pacientes e exige vigilância constante por parte dos profissionais de saúde.

Para enfrentar esses desafios, o projeto **BulaBoy** foi desenvolvido, integrando-se à **Rede de Sensores Corpóreos** ou **Body Sensor Network (BSN)**. A BSN é composta por um conjunto de sensores auto adaptáveis, voltados para monitorar o estado do paciente. Esse sistema é capaz de realizar triagens, detectar emergências e monitorar continuamente o paciente. Explorando a utilização de uma rede de sensores para investigar condição corporal do paciente[3][4].

O BulaBoy foi concebido para se integrar a essa infraestrutura robusta, com o objetivo de fornecer uma camada adicional de suporte no monitoramento de reações alérgicas e medicamentosas. Inspirado em uma ferramenta de um jogo que monitora a saúde do personagem e os efeitos negativos sofridos, o BulaBoy permite que pacientes e médicos possuam acesso a um modelo de **LLM**(Large Language Model) para ajudar na identificação de reações medicamentosas e alérgicas. A plataforma visa identificar e documentar reações idiossincráticas e outras complicações decorrentes de interações medicamentosas, auxiliando na prevenção de novos eventos adversos.

Ao expandir as funcionalidades da BSN, o BulaBoy oferece uma solução tecnológica que permite o monitoramento das reações alérgicas. Isso contribui para o aprimoramento da triagem e detecção precoce de emergências, aumentando a eficiência dos tratamentos.

O projeto se baseia no estudo e análise da BSN, aprimorando sua capacidade ao incorporar o BulaBoy como uma ferramenta técnica, voltada para o acompanhamento e controle das reações adversas ao uso de medicamentos, tornando o cuidado ao paciente mais seguro e preciso.

No desenvolvimento do projeto BulaBoy, diversos stakeholders desempenham um papel fundamental, incluindo pacientes, médicos e farmacêuticos. Cada um desses grupos tem interesses específicos: os pacientes buscam uma experiência segura e orientada ao cuidado, enquanto os profissionais de saúde necessitam de ferramentas que ampliem a precisão diagnóstica e o acompanhamento contínuo.

Para garantir que esses diferentes interesses sejam atendidos, o projeto adota metodologias de engenharia de software centradas na colaboração. Ferramentas de levantamento de requisitos, como entrevistas com profissionais de saúde e pacientes, além de análise de jornadas de usuário, são empregadas para capturar requisitos funcionais e não funcionais. A arquitetura modular do BulaBoy facilita ainda a manutenção e a implementação de novas funcionalidades, assegurando que o sistema possa evoluir conforme novas demandas surgem no setor da saúde.

Para a identificação das reações adversas associadas a medicamentos e a comparação entre respostas esperadas e recebidas, utilizamos como referências o site Consulta Remédios [5], que oferece descrições detalhadas de bulas e medicamentos revisadas clinicamente por um farmacêutico responsável credenciado com Conselho Regional de Medicina (CRM). Adicionalmente, empregamos o MSD Manuals [6] para a identificação de reações adversas e diagnósticos, que é elaborado por médicos e revisado por especialistas na área. Este recurso fornece informações abrangentes sobre reações adversas potenciais associadas a diversos medicamentos.

Existem alguns tipos diferentes de reações adversas medicamentosas, que causam efeitos indesejados à uma substância no organismo:

- Relacionados à dose: representam um exagero dos efeitos terapêuticos do medicamento. Por exemplo, uma pessoa tomando um medicamento para reduzir a hipertensão arterial pode sentir tonturas ou ficar atordoada se o medicamento reduzir a pressão arterial excessivamente. Apesar de serem mais previsíveis as vezes são inevitáveis, caso a pessoa tenha sensibilidade ao medicamento, ou se outro medicamento interferir com a atuação das dosagens, assim gerando uma interação medicamentosa. Essas reações podem ser graves ou não e são consideradas comuns[1].
- Alérgicas: necessitam de exposição prévia a um medicamento, essas reações ocorrem quando o sistema imunológico do corpo desenvolve uma reação a um medicamento (sensibilização). Após a sensibilização a exposição ao medicamento produz diversos tipos de reações medicamentosas[1].

- Idiossincráticas: são reações medicamentosas que em grande parte são imprevisíveis e resultam em reações adversas que tendem a ser mais graves e ocorrem em números pequenos de pacientes[1].

Uma interação medicamentosa pode ser definida por alguns tipos de interação como:

- Dois medicamentos, exemplo: aspirina e anti-coagulantes
- Frutas e medicamentos exemplo: Toranja e Allegra
- Suplementos e medicamentos exemplo: Gingko e anti-coagulantes
- Condições médicas e medicamentos exemplo: aspirina e ulcera gástrica

Essas interações podem fazer com que os efeitos dos fármacos sejam mais ou menos potentes, causar efeitos colaterais ou interferir no funcionamento de um ou ambos os fármacos[2].

Para o monitoramento de alguns tipos de interação, é necessário considerar o intervalo de tempo entre os consumos que possam gerar possíveis interações. Um exemplo é o caso da toranja: ao consumir a fruta ou seu suco, os efeitos de interação podem persistir por até três dias após o consumo [7]. Portanto, ao monitorar o paciente, é essencial estar atento a fatores externos que possam estar além do controle ou conhecimento do próprio paciente, como o consumo de certos alimentos. Por essa razão, o acompanhamento de um profissional da área é sempre recomendado[8].

A utilização da Inteligencia Artificial (IA) nos campos da medicina e das ciências da saúde tem o potencial de transformar significativamente os processos de diagnóstico e tratamento, resultando em melhores desfechos clínicos e recuperação mais eficiente dos pacientes[9]. A IA oferece vantagens substanciais em termos de eficiência, precisão e melhoria contínua no monitoramento de condições de saúde.

A IA pode automatizar tarefas repetitivas e processar grandes volumes de dados médicos, o que facilita diagnósticos rápidos e tratamentos personalizados, além de identificar padrões complexos que escapam à percepção humana. Sendo assim a IA pode auxiliar na identificação de padrões em dados médicos que poderiam passar despercebidos por humanos, o que pode ser especialmente útil em situações de monitoramento contínuo dos pacientes [10]. O uso de IA em dispositivos portáteis e outras ferramentas de monitoramento pode melhorar a detecção precoce de complicações ou reações adversas, oferecendo uma resposta mais eficiente para o manejo de doenças. Isso pode melhorar a tomada de decisões médicas, reduzir erros e potencializar a segurança dos pacientes[10].

Entretanto, a implementação da IA deve ser acompanhada de um cuidadoso equilíbrio com o papel fundamental dos profissionais de saúde. Embora a IA contribua para

a automação de processos, o papel do médico continua sendo insubstituível. O julgamento clínico e a interação humana são cruciais para interpretar os resultados fornecidos pela IA, lidar com complexidades individuais dos pacientes e fornecer cuidados holísticos. Assim, a combinação de IA e assistência médica humana forma uma sinergia poderosa, onde a tecnologia aumenta a precisão, mas o cuidado humano garante a personalização e a empatia necessárias para o sucesso no tratamento[11]. Esses avanços sublinham o enorme potencial da IA em transformar o campo da saúde, desde que seja usada para complementar, e não substituir, a expertise médica[11].

1.2 Problema e Hipótese

As reações alérgicas e medicamentosas representam um desafio significativo na prática clínica, uma vez que sua identificação precoce pode ser complexa e demorada, potencialmente resultando em agravamento do quadro clínico do paciente.

Espera-se que a integração do aplicativo BulaBoy como uma extensão do sistema de monitoramento da BSN permitirá o acompanhamento das reações adversas aos medicamentos, aprimorando a resposta clínica e reduzindo o impacto negativo sobre a saúde dos pacientes. Isso será possível pois a integração entre essas ferramentas possivelmente irá minimizar incertezas no tratamento, permitindo uma intervenção rápida e precisa. Além disso, ao fornecer alertas sobre potenciais reações alérgicas, espera-se promover um cuidado proativo, que aumentará a segurança dos pacientes, contribuindo para uma maior eficácia terapêutica ao reduzir tais complicações.

1.3 Objetivos Gerais

Esse trabalho tem como objetivo geral a integração do projeto da BSN para o monitoramento de reações alérgicas em pacientes. Para a consecução desse objetivo, o projeto utilizará os dados obtidos pelos sensores da BSN para verificar divergências entre os estados fisiológicos dos pacientes e os parâmetros normais de referência. Adicionalmente, ao submeter uma lista de medicamentos, será analisada a possibilidade de interações medicamentosas, permitindo a identificação de possíveis reações adversas, além de proporcionar aos pacientes acesso facilitado ao bulário de medicamentos.

1.3.1 Objetivos específicos

Mas especificamente os objetivos são:

- fornecer acesso facilitado aos bulários de medicamentos aos pacientes

- checar e informar se existem reações medicamentosas conhecidas entre medicamentos utilizados pelo paciente
- monitorar sensores para identificação de possíveis reações: alérgicas, dosagem, medicamentosas ou idiossincráticas

1.4 Organização do Trabalho

A distribuição dos capítulos deste trabalho estão organizados da seguinte maneira. No Capítulo 2 serão apresentados referenciais teóricos utilizados para base do desenvolvimento tecnologias e recursos utilizados. O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada no desenvolvimento da aplicação e suas funcionalidades. O Capítulo 4 contém os resultados obtidos durante o desenvolvimento do trabalho. Por fim, no Capítulo 5, serão apresentadas as conclusões do trabalho, destacando as contribuições e os resultados alcançados.

Capítulo 2

Referencial Teórico

2.1 BSN

2.1.1 O que é uma Body Sensor Network?

Body Sensor Networks tem como seu principal objetivo conectar vários sensores dentro e ao redor do corpo humano para continuamente monitorar os sinais de um indivíduo[4][3]. A BSN faz isso ajustando suas configurações dependendo do estado de risco em que o paciente se encontra, que podem ser classificados entre baixo, médio e alto risco. Utilizando os sensores podemos monitorar e medir diferentes estados do corpo humano assim podendo ajudar na identificação de alergias, doenças, riscos de saúde entre outros de maneira confiável e robusta[12].

2.1.2 Sensores

São utilizados pela BSN para aferir o estado do paciente, para desenvolvimento deste projeto de integração notamos que alguns sensores são essenciais para o monitoramento de reações alérgicas esses sensores sendo:

- Oxímetro
Utilizado para determinar saturação de oxigênio no sangue
- Eletrocardiograma
Utilizado para frequência cardíaca e curva eletrocardiográfica
- Termômetro
Utilizado para aferir a temperatura do paciente
- Esfigmomanômetro

Utilizado para medir pressão arterial sistólica e pressão arterial diastólica

2.2 Robot Operating System (ROS)

ROS, que significa **Robot Operating System** (Sistema Operacional para Robôs), é um framework de middleware para o desenvolvimento de software de robótica. A BSN utiliza esse framework para ajudar no desenvolvimento das funcionalidades. Por ter uma arquitetura modular fica mais fácil dividir em pacotes menores e modularizar os sensores[13].

2.3 Arquitetura e Design Patterns de Implementação

Neste projeto, optou-se por utilizar arquiteturas e design patterns específicos para garantir uma estrutura organizada, facilitando a manutenção e a evolução do sistema.

2.3.1 SOLID

Os princípios de SOLID — Responsabilidade Única, Aberto/Fechado, Substituição de Liskov, Segregação de Interface e Inversão de Dependência — são aplicados na BulaBoy API para assegurar que cada componente tenha uma única responsabilidade, que seja extensível sem grandes modificações, e que interfaces sejam claras e bem definidas. Isso melhora a manutenção e a flexibilidade do código[14].

A aplicação dos princípios SOLID tem como objetivo garantir a modularidade e a separação de conceitos dentro do sistema. Esses princípios ajudam a dividir o sistema em partes independentes e bem definidas, o que facilita a adição de novas funcionalidades e a realização de testes. Ao seguir SOLID, a identificação e correção de erros se tornam mais simples, pois cada componente tem uma responsabilidade clara e não está fortemente acoplado a outros. Assim, qualquer alteração em uma parte do sistema tem um impacto mínimo em outras partes[14].

2.3.2 Clean Architecture

A Clean Architecture, proposta por Robert C. Martin (também conhecido como Uncle Bob), é um conjunto de princípios de design de software que visa criar sistemas de software de fácil manutenção e alta qualidade[15]. A principal ideia é separar as camadas de software de modo que mudanças em uma camada tenham o mínimo impacto possível em outras camadas. Essa abordagem foca na independência dos componentes, na separação de responsabilidades e na inversão de dependências.

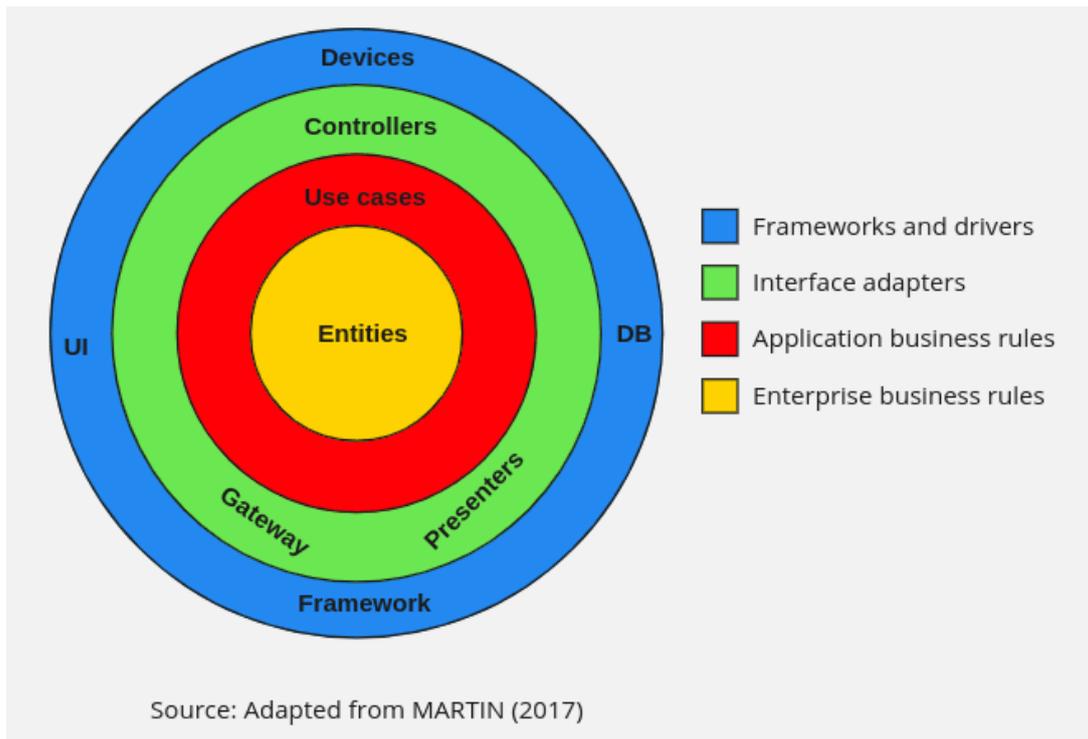


Figura 2.1: Diagrama de sequência.

2.3.3 Vantagens da Clean Architecture e SOLID na BulaBoy API

A Clean Architecture foi escolhida para que cada camada do sistema tenha responsabilidades bem definidas. Essa abordagem permite que o sistema seja facilmente modificável, já que mudanças em uma camada têm um impacto reduzido nas demais. A modularidade garantida pela Clean Architecture torna a adição de novas funcionalidades mais direta e a manutenção mais eficiente[15].

2.3.4 Cache com Stay While Invalidate

O uso de cache com a estratégia "stay while invalidate" ajuda a melhorar a performance do sistema ao armazenar dados temporariamente e evitar requisições desnecessárias. Com essa abordagem, os dados são mantidos em cache por um período mesmo após serem invalidados, permitindo que o sistema continue a funcionar de forma eficiente e rápida, enquanto se atualiza com as informações mais recentes.

2.3.5 Debounce

A técnica de debounce é utilizada para otimizar a gestão de entradas e requisições, prevenindo que ações sejam executadas repetidamente em um curto espaço de tempo. Isso reduz o número de chamadas desnecessárias à API e melhora a performance geral do sistema, garantindo que as interações do usuário sejam processadas de forma mais eficiente e com menor latência[16].

2.3.6 Inteligencia Artificial Large Language Models

Os Large Language Models são sistemas avançados de inteligência artificial projetados para compreender e gerar texto de forma natural e coerente. Esses modelos são treinados em grandes volumes de dados textuais, como livros e artigos utilizando técnicas de deep learning para aprender padrões e contextos da linguagem[17].

Um LLM é capaz de realizar uma variedade de tarefas relacionadas ao processamento de linguagem natural, como responder perguntas, gerar textos, traduzir idiomas e identificar entidades e relações em textos[17]. No caso do projeto BulaBoy, um LLM é utilizado para analisar interações medicamentosas, avaliando dados sobre medicamentos e sinais vitais para identificar potenciais reações adversas.

Capítulo 3

Proposta

3.1 Partes do projeto

O projeto BulaBoy integra diferentes componentes que trabalham em conjunto para fornecer um sistema de monitoramento de reações adversas a medicamentos e facilitar o acesso a informações sobre fármacos. A **BulaBoy API** atua como o backend, sendo a principal responsável pela verificação de interações medicamentosas. Já o **BulaBoy Mobile** funciona como o frontend, desenvolvido para plataformas móveis com o objetivo de oferecer aos usuários uma interface amigável e acessível. Por meio deste aplicativo, os usuários podem consultar bulas de medicamentos, armazenar suas prescrições, receber alertas de horários e verificar interações medicamentosas de maneira prática.

A fonte de dados para as bulas é o bulário eletrônico disponibilizado pela **ANVISA** [18], garantindo precisão e confiabilidade nas informações fornecidas sobre os medicamentos e seus fabricantes. Além disso, a integração com a **Body Sensor Network (BSN)** [3] permite o monitoramento dos sinais vitais dos pacientes, utilizando essas informações para verificar parâmetros fisiológicos em relação ao uso de medicamentos.

Outro componente fundamental é a instância de assistente da OpenAI [19], baseada no modelo GPT-4, utilizada para analisar interações medicamentosas. Esse modelo de **Large Language Model (LLM)** [17] processa os sinais vitais, juntamente com os nomes dos medicamentos informados pelos usuários, para identificar possíveis reações [9].

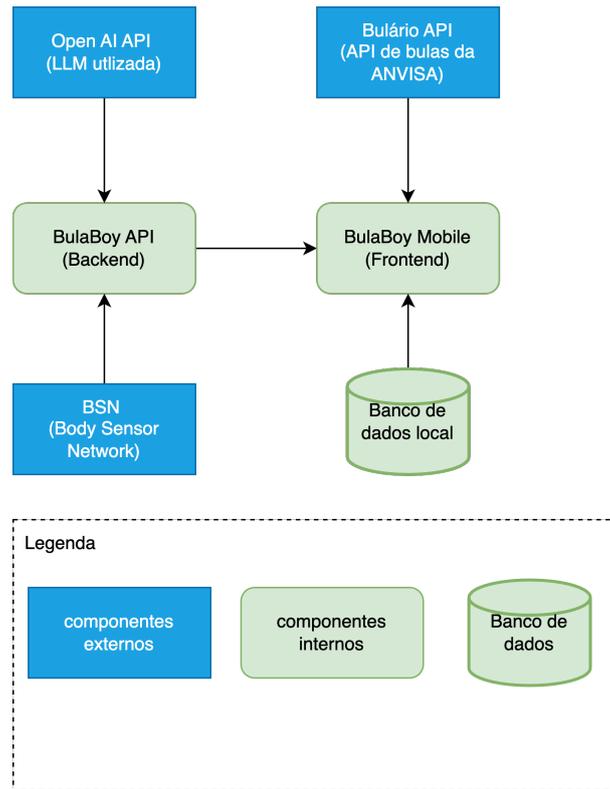


Figura 3.1: Fluxo Geral.

A figura acima Figura 3.1 demonstra a conexão entre os sistemas, destacando que a BSN e a API da OpenAI estão integradas ao backend, representado pela BulaBoy API. Além disso, a API de bulas da ANVISA e a BulaBoy API (backend) estão conectadas ao frontend, que é o aplicativo BulaBoy Mobile, responsável por disponibilizar as funcionalidades e informações aos usuários. O frontend também está conectado a um banco de dados local, que serve para armazenar dados diretamente no dispositivo do usuário.

3.2 Funcionalidades

Entre as principais funcionalidades do sistema, destacam-se o acesso às bulas de medicamentos, a capacidade de salvar os medicamentos juntamente com suas respectivas bulas, a geração de alertas para horários de administração, e a funcionalidade central de verificação de interações medicamentosas.

Ao utilizar o Frontend, o usuário pode pesquisar o nome do medicamento por meio de texto e visualizar sua bula correspondente ao selecionar o medicamento desejado. Para otimizar o processo de busca e evitar requisições a cada letra digitada, é empregada a técnica de debounce. Essa técnica assegura que uma requisição ao servidor seja feita somente após uma pausa de pelo menos 500 ms na digitação, o que reduz o número

de chamadas desnecessárias. Além disso, é utilizada a técnica de cache "Stay While Invalidate". Com essa abordagem, as respostas da API referentes aos medicamentos pesquisados são armazenadas no banco de dados local, permitindo um acesso mais rápido às informações em futuras pesquisas, mesmo na ausência de conexão com a internet.

Ao pesquisar o medicamento desejado e visualizar a bula correspondente, o usuário tem a opção de salvar essa bula no dispositivo. Ao clicar em "Salvar", o medicamento é adicionado a uma nova seção da plataforma frontend chamada "Meus Medicamentos". Dessa forma, informações como o nome e o fabricante do medicamento, juntamente com a bula, ficam armazenadas e disponíveis para consulta, mesmo quando não há conexão com a internet.

Quando o usuário salva medicamentos na área "Meus Medicamentos", é possível agendar lembretes para cada medicamento. O usuário pode configurar notificações que o alertam sobre a hora de tomar o medicamento, de acordo com o horário escolhido.

O usuário também pode realizar a verificação de reações medicamentosas. Ao clicar no botão apropriado, é feita uma requisição ao backend, enviando a lista dos medicamentos salvos. O backend, por sua vez, coleta os sinais vitais do usuário através da Body Sensor Network (BSN). Após integrar as informações dos medicamentos com os sinais vitais, os dados são enviados para a API da OpenAI, que processa as informações e retorna uma resposta sobre possíveis reações medicamentosas. Essa resposta é então exibida ao usuário, oferecendo uma visão detalhada sobre potenciais interações e riscos. Figura 3.2.

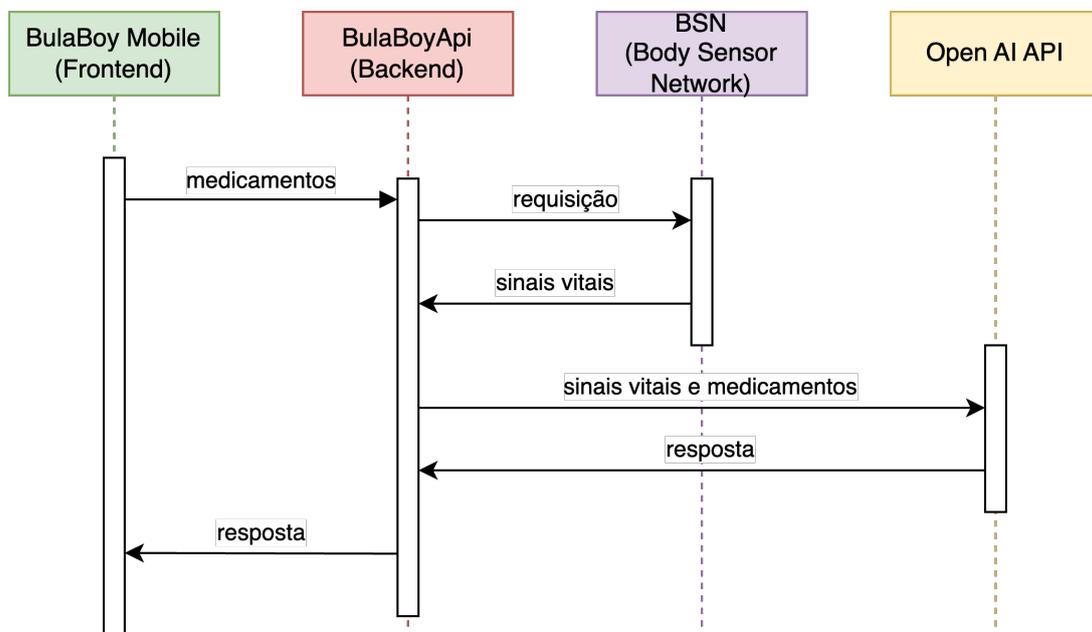


Figura 3.2: Diagrama de sequência.

A figura acima Figura 3.2 ilustra um fluxo sequencial detalhado, no qual o processo tem início com o cliente, representado pelo Frontend. Este cliente realiza uma solicitação à BulaBoyApi, que atua como o backend do sistema, enviando informações sobre os medicamentos do usuário. Em resposta, o backend faz uma requisição à Body Sensor Network (BSN) para obter os sinais vitais do usuário. Após receber os dados vitais, o backend encaminha uma nova requisição para a OpenAI, transmitindo tanto os sinais vitais quanto as informações sobre os medicamentos. A OpenAI processa esses dados e retorna um texto de resposta. Finalmente, essa resposta é direcionada de volta ao cliente, completando o fluxo de comunicação.

3.3 BulaBoy API (Backend)

A BulaBoy API é uma API RESTful [20] responsável por verificar potenciais reações medicamentosas. Sua arquitetura é baseada nos princípios da Clean Architecture [15] e nos princípios de SOLID [14].

Quando uma requisição de verificação de interações medicamentosas é feita pelo usuário através do aplicativo BulaBoy, o fluxo de operação dentro do backend segue a seguinte sequência:

O aplicativo móvel (Frontend) envia uma requisição HTTP para a BulaBoy API (Backend), a requisição é recebida pelo `VerifyMedsController`, que é responsável por pegar os medicamentos enviados no body. O `VerifyMedsController` encaminha os dados para o `ConsultingMeds`, que realiza a análise das interações medicamentosas e retorna uma resposta. Após receber a resposta do `ConsultingMeds`, o `VerifyMedsController` encaminha de volta para o Frontend, finalizando a requisição. Esse fluxo assegura que a verificação de interações medicamentosas seja conduzida de maneira eficiente e que as informações relevantes sejam corretamente apresentadas ao usuário.

Quando o `ConsultingMeds` é acionado, ele, por sua vez, chama o `getVitals`, que é responsável por consultar a Body Sensor Network (BSN) para obter os dados vitais do paciente, como frequência cardíaca, temperatura corporal e níveis de oxigenação. Após receber a resposta do `getVitals`, o `ConsultingMeds` invoca o `addInfoIntoPrompt`, que é responsável por formatar e integrar os dados vitais com as informações sobre os medicamentos do usuário.

Após receber a resposta do `addInfoIntoPrompt`, os dados são encaminhados ao `digestInfo`, que é responsável por enviar essas informações para a OpenAI API. Uma vez que a resposta da OpenAI API é recebida, o `digestInfo` devolve os resultados ao `ConsultingMeds`, que então repassa a resposta para o `VerifyMedsController`.

Dessa forma, ao encapsular cada responsabilidade, é possível realizar a troca de implementação de maneira flexível. O sistema atualmente utiliza um assistente da OpenAI, no modelo 4 numa assistente no contexto de medicamento. Entretanto, essa abordagem permite que o módulo responsável pela análise de interações medicamentosas possa ser substituído por outra LLM (Large Language Model), como uma desenvolvida pelo Google ou até mesmo uma solução própria, sem impactar o restante do sistema. O fluxo pode ser observado pela fluxo da API.

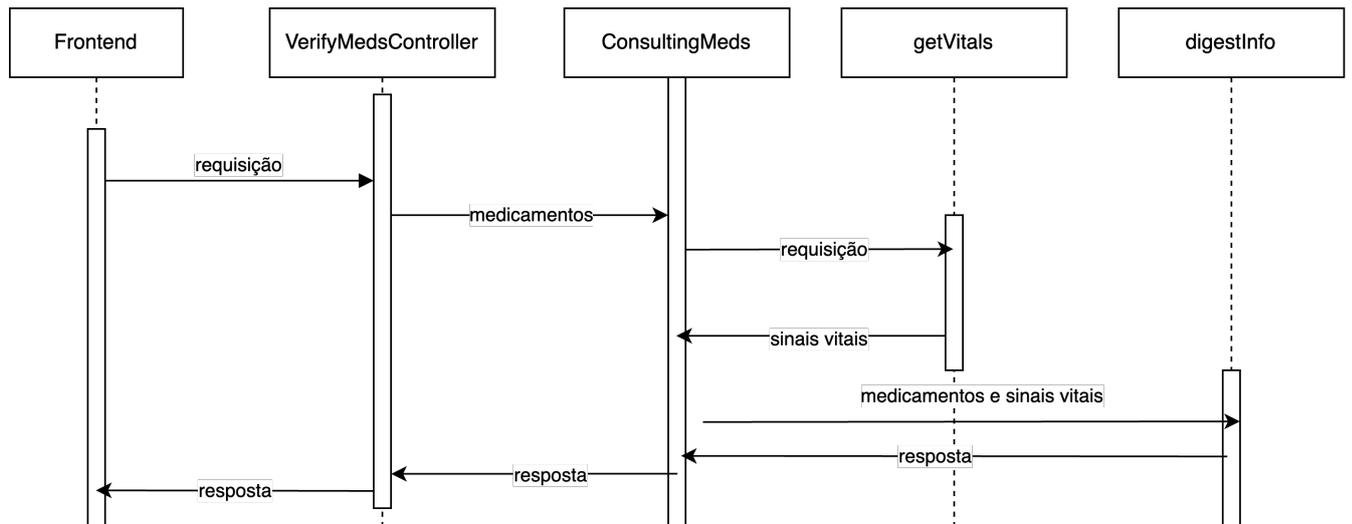


Figura 3.3: Fluxo do BulaBoy API (Backend).

Acima, temos uma figura que ilustra o fluxo de operações dentro do sistema. A caixa pontilhada representa a totalidade do Backend. O serviço `getVitals` fornece os sinais vitais ao componente `ConsultingMeds`. Em seguida, o `digestInfo` gera a resposta para o `consulting meds`. Por sua vez, o `consulting meds` retorna essa resposta ao `VerifyMedsController`, que, por sua vez, reporta a resposta final para o Frontend. fluxo da API.

3.4 OpenAI

A API da OpenAI funciona como uma interface para acessar modelos de linguagem, como o Large Language Model (LLM). O LLM é treinado em vastos conjuntos de dados para compreender e gerar texto de forma coerente e contextualmente relevante. Ao utilizar a API da OpenAI [19], é possível enviar prompts ou consultas ao modelo, que então processa essas informações e gera respostas baseadas no conhecimento adquirido durante seu treinamento.

Ao utilizar a API da OpenAI, empregamos a opção de assistente, atribuindo um papel e fornecendo instruções específicas para definir o contexto da interação. Essa configuração permite que o assistente compreenda e atue de acordo com o papel designado. Em nossas consultas, sempre utilizamos tokens, que representam sinais vitais e medicamentos, para garantir que as respostas sejam contextualizadas adequadamente. Importante destacar que não mantemos um histórico de conversas, ao invés disso, trabalhamos com mensagens individuais para cada interação, sem a utilização de threads contínuas. Isso assegura que cada consulta seja processada de forma independente e com base apenas no contexto fornecido na consulta atual.

Na API da OpenAI, ao configurar um assistente, utilizamos três tipos principais de papéis que orientam o comportamento do modelo: *System*, *User* e *Assistant*. O papel de *System* define o contexto geral, estabelecendo as diretrizes e regras que o assistente deve seguir, como atuar em um cenário específico, por exemplo, como especialista em medicamentos. O papel de *User* refere-se às entradas fornecidas pelo usuário, ou seja, as consultas e comandos que são processados. Por fim, o papel de *Assistant* é responsável por gerar as respostas, utilizando as diretrizes do *System* e os dados fornecidos pelo *User*. Esses papéis, quando usados em conjunto, garantem que as interações sejam contextualizadas e que as respostas sejam relevantes ao cenário definido.

Dado esse contexto, quando o backend envia os tokens representando os medicamentos e sinais vitais para o modelo LLM, a resposta gerada será baseada no papel (*role*) previamente designado ao assistente. Esse papel orienta o modelo a interpretar os tokens dentro do contexto específico definido, garantindo que a resposta seja contextualizada de acordo com as diretrizes fornecidas pelo *System role* e relevante para a interação atual. Assim, o modelo responde de forma precisa, considerando as informações de saúde enviadas e o papel atribuído.

3.5 BulaBoy Mobile (Frontend)

O BulaBoy Mobile é um aplicativo móvel disponível para Android e iOS, desenvolvido com base na arquitetura VIPER [21]. Esta arquitetura adota estratégias que promovem o desacoplamento de bibliotecas e implementações, garantindo uma estrutura modular e flexível.

As requisições HTTP feitas dentro do aplicativo são gerenciadas pelo React Query [22], que é responsável pelo sistema de cache. Utiliza-se uma abordagem baseada em chaves e valores para organizar as requisições: quando a resposta de uma requisição é recebida, ela é associada a uma chave e armazenada no banco de dados local. Se o usuário realizar uma nova requisição, o sistema verifica se a chave correspondente já

existe no banco de dados. Caso exista, o valor armazenado é exibido imediatamente, enquanto a requisição é feita em segundo plano para atualizar os dados. Se não houver cache disponível, a requisição é processada normalmente e o resultado é salvo no banco para consultas futuras. MobileRequests.

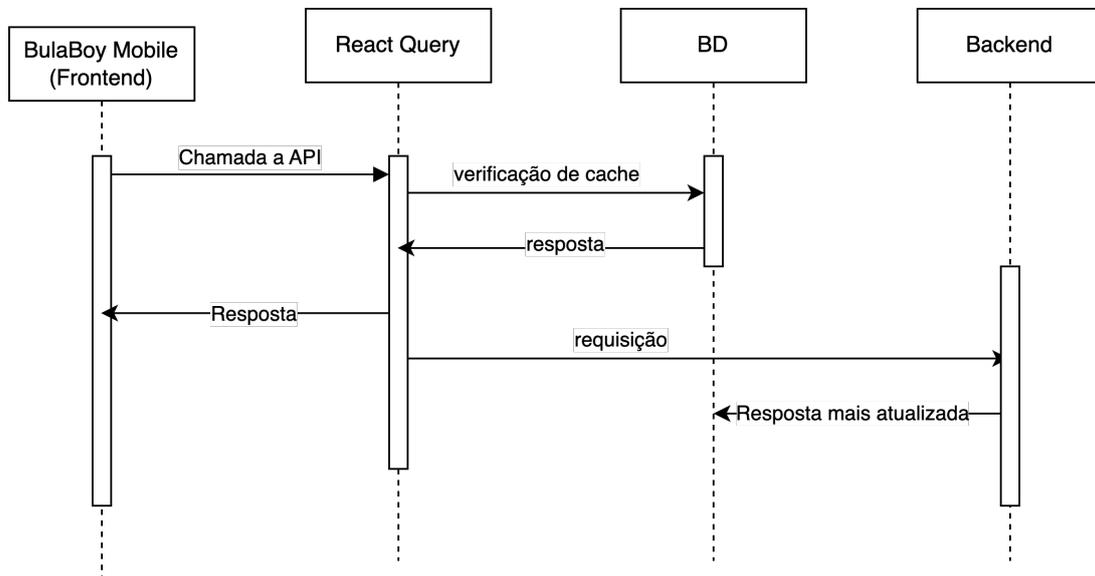


Figura 3.4: Fluxo de requisições no Frontend.

A figura acima ilustra que todos os serviços de requisição passam por um middleware, especificamente o React Query, em vez de serem chamados diretamente pelo Frontend. Dessa forma, o React Query é responsável por gerenciar o cache tanto em disco quanto em memória, além de determinar o momento apropriado para realizar as requisições. Esta abordagem permite uma gestão mais eficiente dos dados e uma melhor coordenação das operações de requisição e cache. MobileRequests.

Como o banco de dados utilizado dentro da aplicação pode variar, ele é encapsulado dentro de um serviço que segue uma interface de contrato. Essa abordagem garante que, caso a implementação do banco de dados seja alterada no futuro, essa mudança não afetará o restante da aplicação, mantendo o sistema flexível e desacoplado das especificidades de uma tecnologia de armazenamento específica.

Entre as funcionalidades secundárias, o aplicativo oferece opções de acessibilidade para melhorar a experiência do usuário. Se o usuário optar por mudar o idioma para outra língua, como o inglês, o aplicativo traduzirá todos os textos para o idioma selecionado, com exceção da bula, que é fornecida pela ANVISA e está disponível apenas em português. Além disso, o usuário pode ajustar o tamanho da fonte dentro do aplicativo para uma visualização mais confortável, adaptando-se às suas preferências e necessidades visuais.

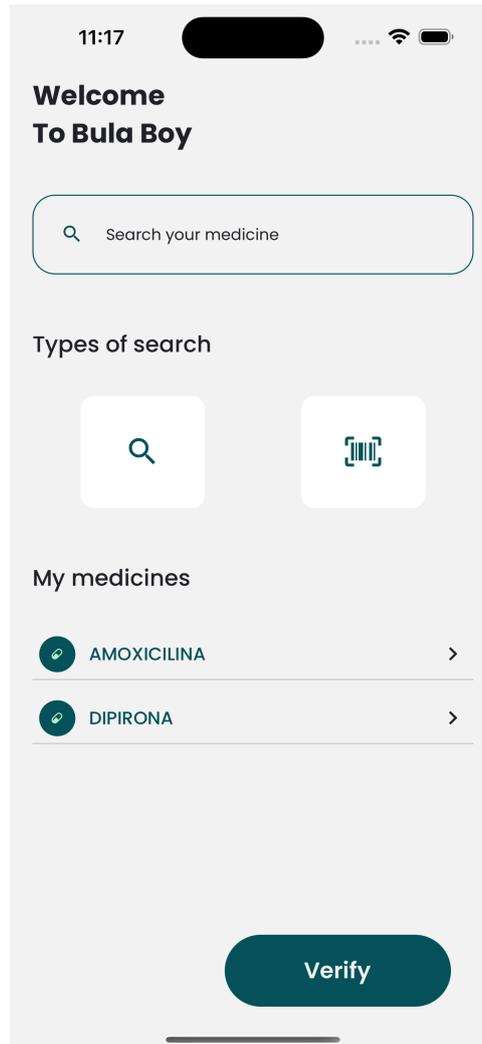


Figura 3.5: Aplicativo em inglês pelas configurações de usuário.

Acima, as figuras mostram que, ao modificar as configurações do próprio celular, como o idioma para inglês ou o tamanho da fonte, o aplicativo reflete essas alterações. `fig:englishApp` e `fig:biggerText`.

Foi criado um utilitário denominado `renderTextByHash`, que recebe uma chave vinculada a um texto específico. Quando essa função é chamada, ela verifica o idioma configurado no dispositivo e, com base nessa verificação, retorna o texto correspondente ao idioma selecionado. Dessa forma, o aplicativo pode exibir o conteúdo de forma dinâmica e adequada à linguagem do usuário, mantendo a flexibilidade no gerenciamento de traduções.

Atualmente, o utilitário `renderTextByHash` oferece suporte apenas para os idiomas português e inglês. No entanto, a função foi projetada de maneira flexível, permitindo a fácil adição de novos idiomas no futuro. Com essa estrutura, o sistema está preparado



Figura 3.6: Aplicativo com texto aumentado nas configurações de usuário.

para incorporar outras línguas de forma eficiente, conforme a necessidade, sem grandes modificações na lógica existente. languageFile.

```
"generic-error-saving-bula": {  
  "pt-br": "Tivemos um problema ao salvar, tente novamente mais tarde",  
  "en-us": "We had a problem saving, please try again later"  
},
```

Figura 3.7: arquivo de configuração de idioma.

A figura acima apresenta uma seção do arquivo de chaves de texto, no qual é possível localizar um texto específico por meio de sua chave correspondente. Dentro desse arquivo, a chave é utilizada para identificar o texto desejado. Para cada chave, é necessário adicionar o idioma desejado e o texto correspondente. Essa organização permite a gestão e

a localização das informações textuais de acordo com os diferentes idiomas requisitados. languageFile.

3.6 Engenharia de Prompt

A engenharia de prompt consiste em formular cuidadosamente as entradas (prompts) enviadas ao modelo de linguagem, garantindo que ele produza respostas precisas e adequadas ao contexto. Ao utilizar a API da OpenAI, esse processo torna-se essencial para maximizar a eficiência e a relevância das interações com o modelo, especialmente em cenários que envolvem dados sensíveis, como sinais vitais e medicamentos.

No projeto, a configuração do assistente envolve a definição clara de papéis e a elaboração de instruções detalhadas para orientar a resposta do modelo. São utilizados três tipos principais de papéis: *System*, *User* e *Assistant*. O papel *System* estabelece o contexto e define as diretrizes que devem ser seguidas, como atuar como um especialista em interações medicamentosas. O papel *User* refere-se às entradas enviadas pelo usuário, que incluem tokens representando sinais vitais e medicamentos. Já o papel *Assistant* é responsável por gerar respostas com base nas diretrizes do *System* e nos dados fornecidos pelo *User*.

Com base nos testes de prompt realizados, verificou-se que a melhor abordagem para garantir que cada interação seja processada com precisão é trabalhar com mensagens individuais, sem a utilização de um histórico contínuo de conversas. Essa metodologia permite que cada consulta seja tratada de forma independente, com o contexto relevante sendo explicitamente fornecido em cada nova mensagem. Dessa forma, o modelo gera respostas mais precisas e relevantes, considerando apenas as informações fornecidas no momento, sem influência de interações anteriores.

Durante os testes, um ponto crítico foi garantir que a IA não se comportasse como um médico ao gerar respostas. Sempre que o modelo apresentava esse tipo de comportamento, o prompt era ajustado para refinar as diretrizes e assegurar que o assistente cumprisse seu papel, fornecendo informações contextuais sem extrapolar suas funções. Com essas melhorias, obteve-se um desempenho mais adequado, alinhando as respostas às necessidades do projeto.

Os resultados dos testes indicam que essa estratégia de engenharia de prompt é eficaz para moldar o comportamento do modelo, permitindo obter respostas contextualizadas. Ao utilizar instruções e tokens adequados, o modelo interpreta corretamente os dados e fornece respostas alinhadas às necessidades do projeto.

Capítulo 4

Resultados Obtidos

4.1 Setup dos Testes

Para a realização dos testes, utilizamos dados que simulam condições reais de possíveis reações medicamentosas, extraídos de perfis de pacientes simulados na **BSN**. A API `digestInfo`, responsável pela identificação dessas reações, foi empregada para analisar os dados e nos fornecer as potenciais reações adversas associadas ao uso de determinados medicamentos. Os parâmetros avaliados incluíram oxigenação, frequência cardíaca (BPM) e temperatura corporal, permitindo uma análise das possíveis respostas fisiológicas relacionadas a cada medicamento. A possível reação medicamentosa é o resultado gerado após passar esses dados pelo modelo de assistente da `OpenIA` no contexto de reações medicamentosas.

Entre os medicamentos analisados estão Digoxina, Beta-bloqueadores como Atenolol e Metoprolol, Amiodarona, Opioides como Morfina, Codeína e Fentanil, Levotiroxina, Lítio, Antipsicóticos como Haloperidol e Clozapina, IECA como Enalapril, Fluoroquinolonas como Ciprofloxacina, Varfarina, Inibidores da MAO como Fenelzina, Insulina, AINEs como Ibuprofeno, Metformina, Verapamil, Clopidogrel, Claritromicina, Antidepressivos Tricíclicos como Amitriptilina, Sildenafil, e Anticonvulsivantes como Fenitoína. Cada um desses medicamentos foi avaliado quanto às suas possíveis reações adversas com base nos parâmetros fisiológicos mencionados, e as informações existentes em suas bulas, possibilitando a identificação de possíveis reações.

Para a identificação das reações adversas associadas a medicamentos e a comparação entre respostas esperadas e recebidas, utilizamos como referências o site **Consulta Remédios** [5]. Este site oferece descrições detalhadas de bulas e medicamentos, as quais são revisadas por um farmacêutico responsável credenciado com CRM (Conselho Regional de Medicina).

Tabela 4.1: Parâmetros de entrada do perfil de paciente para análise de reações medicamentosas.

Medicamento	Oxigenação (%)	BPM	Temperatura (°C)
Digoxina	92	50	36.5
Beta-bloqueadores	94	55	36.5
Amiodarona	88	50	36.5
Opioides	85	90	35.8
Levotiroxina	97	110	38
Lítio	90	100	37.8
Antipsicóticos	89	105	38.2
IECA	93	58	36.5
Fluoroquinolonas	95	102	37.5
Varfarina	96	75	36.2
Inibidores da MAO	91	110	38
Insulina	94	90	35.5
AINEs	95	85	37.4
Metformina	97	88	35.9
Verapamil	88	50	36.5
Clopidogrel	95	100	36.8
Claritromicina	96	110	37.7
Antidepressivos Tricíclicos	89	105	38.3
Sildenafil	92	90	37.6
Anticonvulsivantes	90	95	37.3

Adicionalmente, para a identificação de reações adversas e diagnósticos, empregamos o **MSD Manuals** [6] versão profissional. Este recurso fornece informações abrangentes sobre reações adversas potenciais associadas a diversos medicamentos, incluindo condições como a síndrome neuroléptica maligna, com descrições de sinais, sintomas e diagnósticos das complicações que podem ocorrer. As páginas e conteúdos do MSD Manuals são elaborados por médicos credenciados e são submetidos a um processo rigoroso de revisão por especialistas, garantindo a precisão e a atualidade das informações apresentadas.

Ao enviar os dados de oxigenação, frequência cardíaca (BPM) e temperatura simulados da Tabela 4.1 para o modelo treinado para identificar reações medicamentosas, o sistema retornou as possíveis reações adversas associadas. Em alguns casos, embora as respostas geradas estejam alinhadas com o esperado com base nas informações fornecidas pelo bulário, elas não refletem necessariamente os dados fisiológicos observados, indicando que a pessoa pode não estar apresentando uma reação adversa identificável, mesmo com sensores fisiológicos sinalizando possíveis anomalias.

Os valores apresentados na Tabela 4.1 foram obtidos a partir de uma análise combinada de bulários e fontes médicas científicas que descrevem dados fisiológicos de referência e as respostas alteradas induzidas pelo uso de fármacos. A documentação oficial de

cada medicamento, como os bulários, fornece informações detalhadas sobre as reações adversas esperadas. Por exemplo, fármacos como a Digoxina e os Beta-bloqueadores são amplamente documentados por induzir bradicardia, ou seja, uma redução na frequência cardíaca [23], enquanto a Levotiroxina pode causar taquicardia, caracterizada por um aumento significativo da frequência cardíaca [24].

Os dados fisiológicos considerados normais, como a oxigenação do sangue, a frequência cardíaca e a temperatura corporal, também foram utilizados como referência [25]. Tipicamente, a oxigenação do sangue é considerada normal quando está entre 95% e 100% [26], enquanto a frequência cardíaca em repouso varia entre 60 e 100 batimentos por minuto (BPM), e a temperatura corporal normal situa-se entre 36,5°C e 37,5°C [25]. As alterações nesses parâmetros foram ajustadas com base nas reações adversas esperadas de cada medicamento, de modo a simular as possíveis respostas fisiológicas que podem ser observadas em cenários clínicos. Portanto, os valores escolhidos são baseados nas respostas fisiológicas padrões e as possíveis alterações que possam ocorrer devido ao uso de medicamentos, seguindo as possíveis reações descritas em suas respectivas bulas, com base em perfis de pacientes simulados na BSN.

4.2 Análise dos resultados

Tabela 4.2: Resultado dos parâmetros de entrada enviados à API

Medicamento	Oxigenação (%)	BPM	Temperatura (°C)	Resultado	Esperado?
Digoxina	95 (Normal)	55 (Bradicardia)	36 (Normal)	A digoxina pode causar bradicardia, especialmente quando combinada com medicamentos que reduzem a frequência cardíaca. Monitorar o risco de bradicardia severa e sintomas associados.	Sim

Medicamento	Oxigenação (%)	BPM	Temperatura (°C)	Resultado	Esperado?
Beta-bloqueadores	98 (Normal)	55 (Bradicardia)	36 (Normal)	Manutenção da frequência cardíaca baixa. Pode ser preocupante quando combinado com outros medicamentos que reduzem a frequência cardíaca.	Sim
Amiodarona	90 (Hipoxemia)	50 (Bradicardia)	36 (Normal)	Associada à bradicardia e redução na oxigenação. A combinação com outros medicamentos que diminuem a frequência cardíaca pode aumentar o risco de bradicardia extrema e arritmias.	Sim
Opioides	90 (Hipoxemia)	50 (Bradicardia)	35 (Hipotermia)	Causa depressão respiratória e bradicardia. Efeitos exacerbados quando usados com medicamentos como amiodarona ou beta-bloqueadores.	Sim

Medicamento	Oxigenação (%)	BPM	Temperatura (°C)	Resultado	Esperado?
Levotiroxina	98 (Normal)	105 (Taquicardia)	38 (Hipertermia)	Elevação da frequência cardíaca e temperatura. Risco de taquicardia exacerbada, especialmente quando combinada com claritromicina.	Sim
Lítio	97 (Normal)	105 (Taquicardia)	38 (Hipertermia)	Elevação da frequência cardíaca e temperatura. Interação com medicamentos que afetam o ritmo cardíaco pode aumentar o risco de toxicidade cardíaca.	Sim
Antipsicóticos	95 (Normal)	105 (Taquicardia)	38 (Hipertermia)	Aumento da frequência cardíaca e temperatura. Pode ser problemático quando combinado com amiodarona ou claritromicina, aumentando o risco de arritmias e toxicidade cardíaca.	Sim

Medicamento	Oxigenação (%)	BPM	Temperatura (°C)	Resultado	Esperado?
IECA	97 (Normal)	70 (Normal)	36 (Normal)	Controle adequado dos sinais vitais, mas a interação com AINEs ou varfarina pode afetar a função renal ou aumentar o risco de sangramento.	Sim
Fluoroquinolonas	98 (Normal)	70 (Normal)	36 (Normal)	Não afeta negativamente os sinais vitais. Pode prolongar o intervalo QT e aumentar o risco de arritmias quando combinado com amiodarona ou beta-bloqueadores.	Sim
Varfarina	96 (Normal)	70 (Normal)	36 (Normal)	Aumenta o risco de sangramento, especialmente com AINEs ou claritromicina. A monitoração regular do tempo de coagulação é essencial.	Sim
Inibidores da MAO	95 (Normal)	70 (Normal)	36 (Normal)	Pode causar crises hipertensivas, especialmente com antidepressivos tricíclicos. Monitorar atentamente.	Sim

Medicamento	Oxigenação (%)	BPM	Temperatura (°C)	Resultado	Esperado?
Insulina	98 (Normal)	70 (Normal)	35 (Hipotermia)	Pode induzir hipoglicemia, que pode ser mascarada por beta-bloqueadores. Sinais vitais estão estáveis.	Sim
AINEs	97 (Normal)	70 (Normal)	38 (Hipertermia)	Elevação da temperatura para 38°C é esperada. Uso com varfarina aumenta o risco de sangramento e pode afetar a função renal quando combinado com IECA.	Não
Metformina	97 (Normal)	70 (Normal)	35 (Hipotermia)	Pode causar acidose láctica, especialmente com comprometimento da oxigenação. Deve ser cauteloso quando usado com medicamentos que deprimem o sistema respiratório.	Sim
Verapamil	95 (Normal)	50 (Bradicardia)	36 (Normal)	Redução significativa da frequência cardíaca. Preocupante quando combinado com amiodarona, digoxina ou beta-bloqueadores, que podem causar bradicardia severa.	Sim

Medicamento	Oxigenação (%)	BPM	Temperatura (°C)	Resultado	Esperado?
Clopidogrel	97 (Normal)	70 (Normal)	36 (Normal)	Aumenta o risco de sangramento, especialmente com varfarina. Sinais vitais estão estáveis.	Sim
Claritromicina	98 (Normal)	105 (Taquicardia)	38 (Hipertemia)	Pode prolongar o intervalo QT e aumentar o risco de arritmias quando combinada com amiodarona ou antipsicóticos. Elevação na frequência cardíaca e temperatura pode ser um sinal de toxicidade.	Sim
Antidepressivos Tricíclicos	95 (Normal)	105 (Taquicardia)	38 (Hipertemia)	Pode aumentar a frequência cardíaca e temperatura. Problemas quando combinados com inibidores da MAO devido ao risco de crises hipertensivas e síndrome serotoninérgica.	Sim
Sildenafil	98 (Normal)	105 (Taquicardia)	38 (Hipertemia)	Pode causar hipotensão quando combinado com beta-bloqueadores. Elevação da frequência cardíaca pode indicar uma resposta excessiva ao medicamento.	Sim

Medicamento	Oxigenação (%)	BPM	Temperatura (°C)	Resultado	Esperado?
Anticonvulsivantes	98 (Normal)	105 (Ta- quicardia)	38 (Hiperte- mia)	Pode interagir com claritromicina e amiodarona, aumentando o risco de toxicidade neurológica. A elevação da frequência cardíaca e temperatura sugere necessidade de monitoração.	Não

Como observado na Tabela 4.2 apresenta uma análise das possíveis reações adversas associadas ao uso de diversos medicamentos, com base em parâmetros fisiológicos como oxigenação, frequência cardíaca (BPM) e temperatura corporal. Esses sinais podem ser continuamente monitorados por meio de sensores integrados em uma Body Sensor Network (BSN), que captura dados das condições do paciente.

A correlação entre alterações nos parâmetros fisiológicos e as reações adversas dos medicamentos, conforme descritas nos bulários, oferece uma valiosa ferramenta para a identificação precoce de potenciais complicações. Por exemplo, medicamentos como a Varfarina podem provocar sangramentos excessivos, e o uso de inibidores da MAO, como a Fenelzina, pode desencadear crises hipertensivas severas. O monitoramento contínuo dessas variações permite uma resposta clínica mais ágil e eficaz.

Neste contexto, o aplicativo BulaBoy, aliado aos sensores da BSN, possibilita uma integração tecnológica que aprimora o acompanhamento da saúde dos usuários. A identificação automática de padrões anômalos, com base nos parâmetros monitorados, promove uma abordagem proativa, informada e automatizada na gestão segura do uso de medicamentos. Esta análise a seguir detalha os achados clínicos observados para cada um dos medicamentos estudados, destacando os sinais vitais anormais e as reações adversas associadas.

- **Digoxina:**

- Reação Medicamentosa: Toxicidade por digoxina (náusea, vômito, visão turva, arritmias)
- **Análise:** A bradicardia foi identificada corretamente como um sinal de toxicidade por digoxina.

- **Beta-bloqueadores:**

- Reação Medicamentosa: Redução excessiva da frequência cardíaca, hipotensão
- **Análise:** A bradicardia está associada ao efeito esperado de beta-bloqueadores, identificada corretamente.

- **Amiodarona:**

- Reação Medicamentosa: Toxicidade pulmonar, alterações pulmonares intersticiais
- **Análise:** A oxigenação baixa e a bradicardia sugerem toxicidade pulmonar. Identificação correta.

- **Opioides:**

- Reação Medicamentosa: Depressão respiratória, hipotensão, confusão mental, sedação
- **Análise:** Hipoxemia, bradicardia e hipotermia indicam depressão respiratória, uma reação comum. Análise correta.

- **Levotiroxina:**

- Reação Medicamentosa: Sinais de overdose (palpitações, febre, tremores)
- **Análise:** Taquicardia e febre indicam overdose de levotiroxina. Análise correta.

- **Lítio:**

- Reação Medicamentosa: Toxicidade do lítio (tremores, confusão, arritmias, febre)
- **Análise:** Sinais de toxicidade foram corretamente identificados.

- **Antipsicóticos:**

- Reação Medicamentosa: Síndrome neuroléptica maligna (rigidez muscular, febre, taquicardia)
- **Análise:** Taquicardia e febre são consistentes com a síndrome neuroléptica maligna portanto a análise identificou uma reação.

- **IECA:**

- Reação Medicamentosa: nenhuma

- **Análise:** Apesar de não haver nenhuma anormalidade com os dados coletados pelos sensores a resposta recebida indica que pode haver uma reação dependendo de funções não monitoradas o que é útil como uma prevenção
- **Fluoroquinolonas:**
 - Reação Medicamentosa: Nenhuma
 - **Análise:** Nenhuma anomalia significativa foi detectada nos sinais vitais.
- **Varfarina:**
 - Reação Medicamentosa: Nenhuma
 - **Análise:** Nenhuma anomalia significativa foi detectada nos sinais vitais. porém a resposta recebida funciona de maneira preventiva recomendando monitoração do paciente e do tempo de coagulação
- **Inibidores da MAO:**
 - Reação Medicamentosa: Nenhuma
 - **Análise:** Nenhuma anomalia significativa foi detectada nos sinais vitais. porém a resposta recebida funciona de maneira preventiva alertando sobre possível crise hipertensivas principalmente se utilizado com antidepressivos
- **Insulina:**
 - Reação Medicamentosa: Hipoglicemia (suor frio, tremores)
 - **Análise:** Hipotermia foi corretamente identificada, mas a hipoglicemia pode precisar de um monitoramento adicional de glicose.
- **AINEs:**
 - Reação Medicamentosa: Febre
 - **Análise:** Normalmente, os anti-inflamatórios não esteroides (AINEs) não causam febre. Sendo uma reação alérgica grave e um efeito adverso raro[27]
- **Metformina:**
 - Reação Medicamentosa: Acidose láctica
 - **Análise:** A hipotermia é um sintoma da acidose láctica[28], identificada corretamente.
- **Verapamil:**

- Reação Medicamentosa: Bradicardia severa, hipotensão
- **Análise:** A bradicardia foi corretamente identificada como reação adversa.
- **Clopidogrel:**
 - Reação Medicamentosa: Sangramento prolongado
 - **Análise:** Nenhuma anomalia nos sinais vitais, mas a reação adversa relacionada a sangramentos não seria detectada sem uma avaliação clínica mais detalhada.
- **Claritromicina:**
 - Reação Medicamentosa: Prolongamento do intervalo QT, hepatotoxicidade
 - **Análise:** A taquicardia e a febre sugerem a presença de uma reação adversa como hepatotoxicidade. Análise correta.
- **Antidepressivos Tricíclicos:**
 - Reação Medicamentosa: Toxicidade cardíaca (arritmias)
 - **Análise:** Taquicardia e febre são consistentes com toxicidade. Identificação correta.
- **Anticonvulsivantes:**
 - Reação Medicamentosa: Taquicardia e Hipertermia
 - **Análise:** certos anticonvulsivantes podem, em casos raros ou em situações de overdose, causar efeitos colaterais como taquicardia e hipertermia como o ácido-valproico sendo uma reação incomum não uma interação [29].

A análise dos resultados confirma a importância da observação dos parâmetros fisiológicos como ferramenta complementar no monitoramento de reações adversas a medicamentos. A relação entre a variação dos sinais vitais e as reações descritas nos bulários médicos foi confirmada para uma série de medicamentos, como a Digoxina, que pode induzir bradicardia e toxicidade cardíaca, ou a Levotiroxina, associada a sintomas de overdose como taquicardia e febre. Em contrapartida, em alguns casos, como os Inibidores da MAO, a crise hipertensiva nem sempre é imediatamente evidente nos sinais vitais, destacando a necessidade de uma avaliação clínica complementar.

Capítulo 5

Conclusão

A relevância deste projeto para um curso de licenciatura reside na contribuição para a formação de profissionais com competências interdisciplinares, capazes de relacionar tecnologia e saúde em um contexto educacional.

Ao desenvolver uma solução tecnológica voltada à segurança do paciente e ao acesso à informação sobre medicamentos, o trabalho busca estimular a capacidade crítica e o pensamento analítico do futuro docente, habilidades importantes para lidar com a inovação e com a complexidade da sociedade moderna. Além disso, ao engajar-se em um projeto aplicado, o licenciado em formação exercita o desenvolvimento de soluções práticas e acessíveis, que podem servir como base para práticas educativas sobre saúde e ciência da informação.

Em um ambiente educacional, tornar acessíveis conhecimentos sobre interações medicamentosas e saúde auxilia tanto na democratização da informação quanto na criação de conteúdos adaptáveis a diferentes públicos, promovendo o entendimento e a responsabilidade em saúde.

O objetivo deste trabalho foi integrar a BSN com o monitoramento de reações alérgicas de pacientes. Como objetivos auxiliares, o BulaBoy foi desenvolvido com a finalidade de facilitar o acesso a informações de bulários de medicamentos, detectar interações medicamentosas e monitorar reações alérgicas, utilizando as capacidades da BSN e uma assistente de linguagem treinada (LLM).

O principal benefício desta solução é a verificação de reações medicamentosas com base nos sinais vitais e medicamentos ingeridos. Isso permite que os usuários sejam informados sobre possíveis problemáticas ao combinar diferentes medicamentos, além de auxiliar na prevenção de problemas de saúde relacionados a interações medicamentosas.

Atualmente, a principal limitação do sistema é a confiabilidade das respostas geradas, que podem ser imprecisas ou equivocadas. Em alguns casos, o sistema pode fornecer

diagnósticos, o que é uma preocupação significativa, uma vez que o diagnóstico de reações medicamentosas deve ser realizado com precisão e unicamente por médicos.

Para abordar essa limitação, a implementação de um modelo treinado especificamente para detectar reações adversas a medicamentos e interações entre eles poderia melhorar significativamente a precisão das respostas. Um modelo especializado reduziria o risco de erros, garantindo que o aplicativo forneça informações mais seguras e relevantes para os usuários.

Também há uma necessidade importante de realizar testes end-to-end e de integração na BulaBoy API. Esses testes são essenciais para garantir que o sistema funcione corretamente, especialmente se houver a necessidade de alterar ou substituir a implementação de qualquer sistema externo. A realização desses testes assegura que as mudanças não comprometam a funcionalidade geral do aplicativo e que todas as partes do sistema continuem a interagir de maneira eficiente.

Referências

- [1] <https://www.msdmanuals.com/professional/clinical-pharmacology/adverse-drug-reactions/adverse-drug-reactions>, Tipos de reações adversas medicamentosas. 1, 2, 3
- [2] MedlinePlus: *Drug reactions*, 2023. <https://medlineplus.gov/drugreactions.html>. 1, 3
- [3] *Implementação de uma body sensor network para o diagnóstico remoto e eficiente de pacientes com covid-19*. <http://repositoriocovid19.unb.br/repositorio-projetos/implementacao-de-uma-body-sensor-network-para-o-diagnostico-remoto-e-eficiente-de>. 1, 6, 10
- [4] *Self-adaptive body sensor network*. Relatório Técnico, Software Engineering Lab (LES) @UnB, 2024. 1, 6
- [5] <https://consultaremedios.com.br/>, Site Consulta Remédios. 2, 20
- [6] <https://www.msdmanuals.com/pt/professional>, Site msdManuals profissionais da saúde. 2, 21
- [7] David J. Greenblatt, Lisa L.: *Time course of recovery of cytochrome p450 3a function after single doses of grapefruit juice*. American Society for Clinical pharmacology and therapeutics, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0009-9236\(03\)00118-8](https://doi.org/10.1016/S0009-9236(03)00118-8). 3
- [8] David G. Bailey, BScPhm PhD, George Dresser MD PhD e J. Malcolm O.: *Grapefruit-medication interactions: Forbidden fruit or avoidable consequences?* Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne, 2003. <https://doi.org/10.1503/cmaj.120951>. 3
- [9] Amisha, Malik, P. Pathania M. Rathaur V. K.: *Overview of artificial intelligence in medicine*. Journal of family medicine and primary care, 8(7), 2328–2331., 2019. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_440_19. 3, 10
- [10] Bajwa J, Munir U, Nori A Williams B.: *Artificial intelligence in healthcare: transforming the practice of medicine*. Future Healthc J., 2021. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8285156/>. 3
- [11] Davenport T, Kalakota R.: *The potential for artificial intelligence in healthcare*. Future Healthc J, 2019. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6616181/>. 4

- [12] Carmen C Y Poon, Benny P L Lo, Mehmet Rasit Yuce Akram Alomaiy Yang Hao: *Body sensor networks: In the era of big data and beyond*. IEEE Rev Biomed Eng., 2015. 6
- [13] Willow Garage, Stanford Artificial Intelligence Laboratory, Open Robotics: *Robot operating system*, 2024. <https://wiki.ros.org/ROS/Introduction>. 7
- [14] Martin, Robert C.: *Getting a solid start*, 2009. <https://miscs.google.com/misc/unclebobconsultingllc/getting-a-solid-start>. 7, 13
- [15] Martin, Robert C.: *Clean architecture - robert cecil martin*. <https://blog.cleancoder.com/uncle-bob/2012/08/13/the-clean-architecture.html>. 7, 8, 13
- [16] Rousavy, Marc: *Mmkv*. <https://github.com/mrousavy/react-native-mmkv>. 9
- [17] IBM: *O que é llm (grandes modelos de linguagem)?*, 2024. <https://www.ibm.com/br-pt/topics/large-language-models>. 9, 10
- [18] ANVISA: *Anvisa consulta de medicamentos*. <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/sistemas/consulta-a-registro-de-medicamentos/>. 10
- [19] OpenAI, 2024. <https://platform.openai.com/docs/assistants/overview>. 10, 14
- [20] Foundation, RedHat: *Rest*. <https://www.redhat.com/pt-br/topics/api/what-is-a-rest-api>. 13
- [21] Jérôme Chevalier, Bryan Donyon: *Viper*. <https://medium.com/cr8resume/viper-architecture-for-ios-project-with-simple-demo-example-7a07321dbd29>. 15
- [22] TanStack: *Tanstack query*. <https://tanstack.com/query/latest/docs/framework/react/overview>. 15
- [23] <https://www.ecycle.com.br/betabloqueadores/>, Beta Bloqueadores. 22
- [24] <https://consultaremedios.com.br/levotiroxina-sodica/bula>, Bula do Levotiroxina Sódica. 22
- [25] <https://www.urmc.rochester.edu/encyclopedia/content.aspx?ContentTypeID=85&ContentID=P00866>, Vital Signs (Body Temperature, Pulse Rate, Respiration Rate, Blood Pressure). 22
- [26] <https://www.health.state.mn.us/diseases/coronavirus/pulseoximeter.html>, Oxygen Levels, Pulse Oximeters, and COVID-19 How does COVID-19 lower a person's oxygen levels? 22
- [27] Batlouni, Michel: *Anti-inflamatórios não esteroides: Efeitos cardiovasculares, cérebro-vasculares e renais*. SciELO, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2010000400019>. 30

- [28] <https://consultaremedios.com.br/cloridrato-de-metformina/bula>, Bula Metformina. 30
- [29] <https://consultaremedios.com.br/acido-valproico/bula>, Bula Acido Valproico. 31